

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-12163

(P2005-12163A)

(43) 公開日 平成17年1月13日(2005.1.13)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 25/07

H01L 23/473

H01L 25/18

F I

H01L 25/04

H01L 23/46

C

Z

テーマコード (参考)

5F036

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-423099 (P2003-423099)
 (22) 出願日 平成15年12月19日 (2003.12.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-148022 (P2003-148022)
 (32) 優先日 平成15年5月26日 (2003.5.26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100081776
 弁理士 大川 宏
 (72) 発明者 中村 重信
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 石山 弘
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 酒井 泰幸
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 Fターム(参考) 5F036 AA01 BA01 BA10 BB43 BC23
 BD03 BD21 BE01

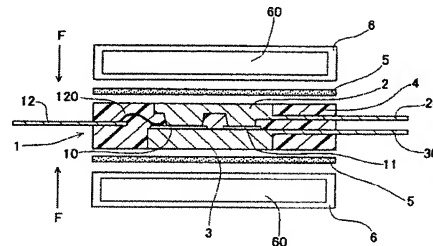
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 安価な構成で、信頼性を向上できる車両に搭載される半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体素子10、11に接合された上方電極板(第1電極板)2の上側露出面(第1電極面)とモールド樹脂4の上面側露出面(第1樹脂面)とは略同一平面上に形成し、半導体素子10、11に接合された下方電極板(第2電極板)3の下側露出面(第2電極面)とモールド樹脂4の下面側露出面(第2樹脂面)とは略同一平面上に形成している。そして、半導体素子10、11の発熱時には、モールド樹脂4が大きく膨張して、押圧力をモールド樹脂4が受け持ち、半導体素子10、11に作用しないようにしている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

略平面状に形成された電力用半導体素子と、該電力用半導体素子の第 1 素子面に接合した第 1 電極板と、該電力用半導体素子の第 2 素子面に接合した第 2 電極板と、該電力用半導体素子を制御する制御回路に電氣的に接続する第 1 接続端子と、該電力用半導体素子を駆動させる駆動回路に電氣的に接続する第 2 接続端子と、前記電力用半導体素子、前記第 1 電極板、前記第 2 電極板、前記第 1 接続端子及び前記第 2 接続端子を一体化すると共に前記第 1 電極板の第 1 電極面側及び前記第 2 電極板の第 2 電極面側を露出させて形成されたモールド樹脂と、からなる半導体モジュールと、

絶縁部材を介して前記半導体モジュールを挟設した冷却部材と、
を備えた半導体装置において、

前記第 1 電極板の前記第 1 電極面と前記モールド樹脂の第 1 樹脂面、及び／又は、前記第 2 電極板の前記第 2 電極面と前記モールド樹脂の第 2 樹脂面は、略同一平面上に形成されたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

前記モールド樹脂の前記第 1 樹脂面及び／又は前記モールド樹脂の前記第 2 樹脂面は、前記電力用半導体素子が駆動する際に前記第 1 電極板の前記第 1 電極面及び／又は前記第 2 電極板の前記第 2 電極面より突出して形成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記モールド樹脂は、前記第 1 電極板の前記第 1 電極面及び／又は前記第 2 電極板の前記第 2 電極面の外周側に周設されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 4】

さらに、少なくとも前記第 1 電極板の前記第 1 電極面に塗布される熱伝導性材を備え、前記モールド樹脂は、少なくとも前記第 1 電極板の前記第 1 電極面の前記第 1 接続端子側及び前記第 2 接続端子側に第 1 溝が形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 5】

さらに、少なくとも前記第 2 電極板の前記第 2 電極面に塗布される熱伝導性材を備え、前記モールド樹脂は、少なくとも前記第 2 電極板の前記第 2 電極面の前記第 1 接続端子側及び前記第 2 接続端子側に第 2 溝が形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記第 1 溝は、前記第 1 電極板の前記第 1 電極面の外周側全周に形成されることを特徴とする請求項 4 記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記第 2 溝は、前記第 2 電極板の前記第 2 電極面の外周側全周に形成されることを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記熱伝導性材は、導電性材料からなることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記半導体モジュールの第 1 モジュール面と前記半導体モジュールの第 2 モジュール面は、略平行であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 10】

前記半導体モジュールの第 1 モジュール面と前記半導体モジュールの第 2 モジュール面との間の厚さが略同一の複数個からなり、

前記冷却部材は複数の前記半導体モジュールを挟設することを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記半導体モジュールは同一位相の電力により駆動する複数個からなり、

前記モールド樹脂は、複数の前記半導体モジュールの前記電力用半導体素子、前記第1電極板、前記第2電極板、前記第1接続端子及び前記第2接続端子を一体化形成したことを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項12】

前記冷却部材は、内部側に冷却媒体が流通する冷却流路を形成した冷却管であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項13】

前記冷却部材は、アルミニウム材からなることを特徴とする請求項1記載の半導体装置

10

【請求項14】

前記半導体モジュール及び前記冷却部材はそれぞれ複数個からなり、

前記半導体モジュールと前記冷却部材とは交互に複数段に積層されていることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両に搭載された電力制御の半導体装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、電気自動車及びハイブリッド車では、バッテリーの直流をインバータ装置で交流に電力変換して交流モータを駆動するようになっている。インバータ装置は複数の半導体モジュールを含み、各半導体モジュールは半導体素子とその両面側の一对の電極板や、外部の制御回路や駆動回路との接続端子を有する。そして、この半導体モジュールは、作動する際に半導体素子により発熱する。そこで、半導体モジュールの発熱を抑制するために、種々の方法が採用されている（例えば、特許文献1及び特許文献2参照）。

20

【0003】

特許文献1に記載の半導体装置では、内部を冷却媒体が流通する一对の冷却管により半導体モジュールを挟設している。さらに、半導体モジュールと冷却管との間に絶縁板や軟質伝熱材を配設して、これら絶縁板や軟質伝熱材を加圧することにより、半導体モジュールの冷却性向上を図っている。

30

【0004】

また、特許文献2に記載の電子機器冷却装置では、半導体と線膨張率の近接した金属材料や絶縁板を介して、半導体の一对の電極板を冷却管に挟み込み、冷却とともに、熱応力による半導体や絶縁板の平板方向の割れ防止している。

【特許文献1】特開2001-320005号

【特許文献2】特開2002-95267号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献1及び特許文献2に記載の半導体装置によれば、半導体モジュールの温度上昇や温度下降に伴い、半導体素子の両面側にある一对の電極板の方向にかかる押圧力が変動する。一般に、熱伝導性のよいアルミニウム材などの材料を冷却管に用いるが、これらは半導体モジュールや絶縁板などセラミックス系の材料に比べ、線膨張率が高い。そして、半導体モジュールを挟設している冷却管は鉄材等よりなるスリーブボルトによって位置固定されるので、半導体モジュールの温度上昇や温度下降に伴い、冷却管に挟まれた電極板の間の半導体素子への押圧力が高まる。さらに、特許文献1のように、樹脂モールドされている半導体モジュールの場合、モールド樹脂の線膨張率が金属に比べ大きいため、モールド樹脂の一部分により電極板を冷却管の方向へ押し上げる力も加わる。その結果、半導体へかかる押圧力がさらに高まる。このように、半導体素子にかかる繰り返し応力

40

50

が増加するので、半導体素子の寿命が低下する。

【 0 0 0 6 】

この対策として、車両停車時の押圧力の初期設定を低減すると、半導体モジュールの固定力が低下するが、一方、インバータ装置は車両走行時には振動環境にさらされているので、発熱膨張がまだ少ない時には、固定力が低い半導体モジュールは、振動が増える。よって、外部の制御回路や駆動回路との接続端子にこの振動による歪みが発生し、端子間の短絡や、断線に到るといった新たな不具合が発生する。この不具合に対し、接続端子の剛性を高めたり、緩衝バンドを設けて対応することが考えられるが、製造コストが高くなってしまう。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献2のように、樹脂モールドを行わない場合は、振動による半導体素子と外部接続端子との間の接合部（はんだ等）への振動による応力増加の問題がさらに加算され、信頼性が低下する。

【 0 0 0 8 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、安価な構成で、信頼性を向上できる車両に搭載される半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

請求項1記載の本発明の半導体装置は、半導体モジュールと、冷却部材とを備える。ここで、半導体モジュールは、略平面状に形成された電力用半導体素子と、該電力用半導体素子の一方の面（第1素子面）に接合した第1電極板と、該電力用半導体素子の他方の面（第2素子面）に接合した第2電極板と、該電力用半導体素子を制御する制御回路に電気的に接続する第1接続端子と、該電力用半導体素子を駆動させる駆動回路に電気的に接続する第2接続端子と、前記電力用半導体素子、前記第1電極板、前記第2電極板、前記第1接続端子及び前記第2接続端子を一体化すると共に前記第1電極板の第1電極面側及び前記第2電極板の第2電極面側を露出させて形成されたモールド樹脂とからなる。この半導体モジュールは、略扁平形状に形成されている。冷却部材は、絶縁部材を介して前記半導体モジュールを挟設した部材である。すなわち、冷却部材は、半導体モジュールの前記略扁平形状の扁平面の両面側に配設された部材である。

【 0 0 1 0 】

そして、本発明の特徴的な構成は、前記第1電極板の前記第1電極面と前記モールド樹脂の第1樹脂面、及び／又は、前記第2電極板の前記第2電極面と前記モールド樹脂の第2樹脂面は、略同一平面上に形成されたことである。第1電極面と第1樹脂面が略同一平面上に形成されることは、第1電極板の露出面である第1電極面（第1電極板の前記扁平面の一方側の露出面）がモールド樹脂の第1樹脂面（前記モールド樹脂の該扁平面の一方側の露出面）と略同一平面上に配設されることである。また、第2電極面と第2樹脂面が略同一平面上に形成されることは、第2電極板の露出面である第2電極面（第2電極板の前記扁平面の他方側の露出面）がモールド樹脂の第2樹脂面（前記モールド樹脂の該扁平面の他方側の露出面）と略同一平面上に配設されることである。

【 0 0 1 1 】

これにより、半導体素子の発熱によって、半導体モジュールの構成物の中で線膨張率が最も大きいモールド樹脂が半導体モジュールの押圧方向に膨張するので、半導体モジュールにかかる押圧力はこの膨張したモールド樹脂部が受け持ち、露出している第1電極板及び第2電極板及びそれに接合される半導体素子には直接的に押圧力が加わらない。従って、押圧力の繰り返し応力による半導体素子の寿命低下を回避しつつ、半導体モジュールの固定保持を確実にこなうことができる。もちろん、半導体モジュールの耐振性向上のための、剛性アップや部品複雑化によるコストアップも生じない。なお、第1電極面と第1樹脂面を略同一平面上に形成するか、若しくは、第2電極面と第2樹脂面を略同一平面上に形成することにより、従来に対して上記効果を奏することはできる。ただし、第1電極面と第1樹脂面を略同一平面上に形成し、かつ、第2電極面と第2樹脂面を略同一平面上に

10

20

30

40

50

形成することにより、より確実に上記効果を奏することができる。

【0012】

また、請求項2によれば、前記モールド樹脂の前記第1樹脂面及び／又は前記モールド樹脂の前記第2樹脂面は、前記電力用半導体素子が駆動する際に前記第1電極板の前記第1電極面及び／又は前記第2電極板の前記第2電極面より突出して形成されることを特徴とする。これにより、上記効果を確実に奏することができる。

【0013】

また、請求項3によれば、前記モールド樹脂は、前記第1電極板の前記第1電極面及び／又は前記第2電極板の前記第2電極面の外周側に周設されたことを特徴とする。これにより、半導体素子の発熱時には、膨張したモールド樹脂によって、より広い面積で安定して半導体モジュールを固定することができる。

10

【0014】

また、請求項4によれば、さらに、少なくとも前記第1電極板の前記第1電極面に塗布される熱伝導性材を備え、前記モールド樹脂は、少なくとも前記第1電極板の前記第1電極面の前記第1接続端子側及び前記第2接続端子側に第1溝が形成されたことを特徴とする。ここで、一般に、電極板と絶縁部材との間には、熱伝導を促進するために熱伝導グリス（熱伝導性材）が塗布される。熱伝導グリスとしては、例えば銀ペーストのように導電性の材料の方が、酸化亜鉛やアルミナ粒子を用いたものに比べて熱伝導率が高いため、放熱効果が優れている。しかし、熱伝導グリスには、一般に導電性の材料は使用しない。これは、以下の理由による。まず、この熱伝導グリスの厚みを極力薄くして熱抵抗を低減するために、絶縁部材は半導体モジュールに向けて押しつけられる。そのため、熱伝導グリスの一部が、電極板の周囲まで漏出する。従って、導電性の熱伝導グリスを用いた場合には、電極板の周囲に漏出した熱伝導グリスが半導体モジュールの接続端子に接触すると短絡を生じる。また、熱伝導グリスが半導体モジュールの接続端子に接触しない場合であってもその距離が極めて小さいときには、沿面絶縁距離が不足するため、高電圧の印加によって半導体モジュールの表面にトラッキングと呼ばれる導体経路が徐々に形成されて短絡に至る場合がある。

20

【0015】

しかし、本発明によれば、モールド樹脂の第1樹脂面側に第1溝が形成されているため、第1電極板に塗布した熱伝導性材が第1接続端子及び第2接続端子まで漏出することを防止できる。これは、第1電極板に塗布されて漏出した熱伝導性材が第1溝に貯留するためである。ここで、例えば、第1接続端子及び第2接続端子が半導体モジュールから同一方向に延在している場合には、第1溝は少なくとも第1電極板の第1電極面と第1接続端子及び第2接続端子との間に形成すればよい。また、第1接続端子と第2接続端子とが第1電極板を中心として反対方向に延在している場合には、第1溝は、少なくとも第1電極板と第1接続端子との間及び第1電極板と第2接続端子との間にそれぞれ形成すればよい。この場合、第1溝は、例えば、第1電極板の第1電極面を介在した略平行な2本の溝等となる。なお、第1溝は、直線の溝に限られることなく、曲線の溝であってもよい。

30

【0016】

また、請求項5によれば、さらに、少なくとも前記第2電極板の前記第2電極面に塗布される熱伝導性材を備え、前記モールド樹脂は、少なくとも前記第2電極板の前記第2電極面の前記第1接続端子側及び前記第2接続端子側に第2溝が形成されたことを特徴とする。これにより、上記の第1溝と同様に、第2電極板に塗布した熱伝導性材が第1接続端子及び第2接続端子まで漏出することを防止できる。これは、第2電極板に塗布されて漏出した熱伝導性材が第2溝に貯留するためである。ここで、例えば、第1接続端子及び第2接続端子が半導体モジュールから同一方向に延在している場合には、第2溝は少なくとも第1電極板の第1電極面と第1接続端子及び第2接続端子との間に形成すればよい。また、第1接続端子と第2接続端子とが第1電極板を中心として反対方向に延在している場合には、第2溝は、少なくとも第1電極板と第1接続端子との間及び第1電極板と第2接続端子との間にそれぞれ形成すればよい。この場合、第2溝は、例えば、第1電極板の第

40

50

1 電極面を介在した略平行な 2 本の溝等となる。なお、第 2 溝は、直線の溝に限られることなく、曲線の溝であってもよい。

【0017】

また、請求項 6 によれば、前記第 1 溝は、前記第 1 電極板の前記第 1 電極面の外周側全周に形成されることを特徴とする。これにより、モールド樹脂の第 1 樹脂面の外周側全てから熱伝導性材の漏出を防止できる。従って、第 1 電極面に塗布された熱伝導性材が第 1 接続端子及び第 2 接続端子まで漏出することを確実に防止できる。

【0018】

また、請求項 7 によれば、前記第 2 溝は、前記第 2 電極板の前記第 2 電極面の外周側全周に形成されることを特徴とする。これにより、モールド樹脂の第 2 樹脂面の外周側全てから熱伝導性材の漏出を防止できる。従って、第 2 電極面に塗布された熱伝導性材が第 1 接続端子及び第 2 接続端子まで漏出することを確実に防止できる。

【0019】

また、請求項 8 によれば、前記熱伝導性材は、導電性材料からなることを特徴とする。上述したように、従来は熱伝導性材として導電性材料を用いることができなかった。しかし、第 1 樹脂面に前記第 1 溝を形成した場合には、第 1 電極板の第 1 電極面に導電性材料からなる熱伝導性材を塗布したとしても、第 1 電極板と接続端子との短絡を確実に防止できる。また、第 2 樹脂面に前記第 2 溝を形成した場合には、第 2 電極板の第 2 電極面に導電性材料からなる熱伝導性材を塗布したとしても、第 2 電極板と接続端子との短絡を確実に防止できる。その結果、従来に比べて熱伝導率の高い導電性の熱伝導性材を使用することができ、半導体モジュールの放熱をより効果的に行うことができる。

【0020】

また、請求項 9 によれば、前記半導体モジュールの第 1 モジュール面と前記半導体モジュールの第 2 モジュール面（前記半導体モジュールの前記略扁平形状の扁平面の両面）は、略平行であることを特徴とする。これにより、半導体モジュールの扁平面の両面に対向して配設された一对の冷却部材との押圧面積を安定して確保できるので、半導体モジュールの固定をより確実に行える。なお、略平行とは、半導体モジュールの扁平面の 2 つの平面の平行度が 0.4 mm 以下であることをいう。平行度は、0.2 mm 以下であることが望ましい。この平行度は、一方の平面を基準面とし、この基準面と平行で、かつ他の平面と接する 2 つの仮想平面を想定した場合の、仮想平面間の距離を表す。したがって、一方の平面を基準面とし、この基準面に平行で互いに L mm だけ離れた 2 つの仮想平面の間に、他方の平面が位置している場合、その平行度は L mm である。

【0021】

また、請求項 10 によれば、前記半導体モジュールの第 1 モジュール面と前記半導体モジュールの第 2 モジュール面との間の厚さ（前記扁平面の両面間の厚さ）が略同一の複数個からなり、前記冷却部材は複数の前記半導体モジュールを挟設することを特徴とする。これにより、複数の半導体モジュールと一つの冷却部材との押圧面積を安定して確保できるので、複数の半導体モジュールの固定をより確実に行える。なお、両面間の厚さが略同一とは、例えば、複数の半導体モジュールの平均厚さに対して各半導体モジュールの厚さが ±5 % 以内にあることをいう。

【0022】

また、請求項 11 によれば、前記半導体モジュールは同一位相の電力により駆動する複数個からなり、前記モールド樹脂は、複数の前記半導体モジュールの前記電力用半導体素子、前記第 1 電極板、前記第 2 電極板、前記第 1 接続端子及び前記第 2 接続端子を一体化形成したことを特徴とする。これにより、半導体モジュールの固定を確実にできると共に、固定のための組み付け工数を低減して製造コストの低減が可能である。

【0023】

また、請求項 12 によれば、前記冷却部材は、内部側に冷却媒体が流通する冷却流路を形成した冷却管であることを特徴とする。これにより、半導体モジュールの温度上昇を低減し、半導体素子寿命を向上できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 3 によれば、前記冷却部材は、アルミニウム材からなることを特徴とする。これにより、半導体モジュールの冷却をより効率的に行うことができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 1 4 によれば、前記半導体モジュール及び前記冷却部材はそれぞれ複数個からなり、前記半導体モジュールと前記冷却部材とは交互に複数段に積層されていることを特徴とする。これにより、半導体素子の冷却をより効率良く行えると共に、半導体モジュールの固定信頼性を確保することができる。さらに、例えば、1つの冷却部材の両面から熱を引き込むことができること等により、固定装置全体を部品点数を低減して製造コストの低減を実現できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 6 】

次に、実施形態を挙げ、本発明をより詳しく説明する。

【 0 0 2 7 】

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態における半導体装置の構成について図 1 ～図 2 を参照して説明する。図 1 は、第 1 実施形態における半導体装置の半導体モジュールの斜視図を示す。図 2 は、第 1 実施形態における半導体装置の断面図を示す。

【 0 0 2 8 】

図 1 及び図 2 に示すように、半導体装置は、半導体モジュール 1 と、絶縁部材 5 と、冷却管（冷却部材） 6 とから構成される。半導体モジュール 1 は、半導体素子と、半導体素子を支持する電極板とを有する。ここで、半導体素子は、第 1 半導体素子 1 0 と第 2 半導体素子 1 1 からなる。電極板は、半導体素子を挟持する一対の電極板 2、3 からなる。詳細には、半導体モジュール 1 は、第 1 半導体素子 1 0 と、第 2 半導体素子 1 1 と、上方電極板（第 1 電極板） 2 と、下方電極板（第 2 電極板） 3 と、上方駆動側電極端子（第 2 接続端子） 2 0 と、下方駆動側電極端子（第 2 接続端子） 3 0 と、制御用電極端子（第 1 接続端子） 1 2 と、ボンディングワイヤ 1 2 0 と、モールド樹脂 4 とによって形成されている。そして、半導体モジュール 1 は、全体形状が略扁平形状からなる。

20

【 0 0 2 9 】

第 1 半導体素子 1 0 は、高電力用 I G B T 等などの素子である。第 2 半導体素子 1 1 は、フライホイールダイオード等の素子である。上方電極板 2 は、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 の上面側に密着接合した電極板である。この上方電極板 2 は、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 と半田等によって密着接合されている。下方電極板 3 は、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 の下面側に密着接合した電極板である。この下方電極板 3 は、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 と半田等によって密着接合されている。上方駆動側電極端子 2 0 は、上方電極板 2 に一体に形成されており、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 を駆動させる駆動回路に電氣的に接続された端子である。下方駆動側電極端子 3 0 は、下方電極板 3 に一体に形成されており、第 1 半導体素子 1 0 及び第 2 半導体素子 1 1 を駆動させる駆動回路に電氣的に接続された端子である。制御用電極端子 1 2 は、第 1 半導体素子 1 0 を制御する制御回路（図示せず）に電氣的に接続された端子である。ボンディングワイヤ 1 2 0 は、第 1 半導体素子 1 0 と制御用電極端子 1 2 とを電氣的に接続される信号線である。モールド樹脂 4 は、第 1 半導体素子 1 0、第 2 半導体素子 1 1、上方電極板 2、下方電極板 3、上方駆動側電極端子 2 0、下方駆動側電極端子 3 0、制御用電極端子 1 2、及びボンディングワイヤ 1 2 0 を一体化すると共に、上方電極板 2 の上面（第 1 電極面）側及び下方電極板 3 の下面（第 2 電極面）側を露出させて形成している。

30

40

【 0 0 3 0 】

ここで、図 2 に示すように、半導体モジュール 1 の扁平形状の扁平面の上面側（上側扁平面、第 1 モジュール面）は、上方電極板 2 の上側露出面（第 1 電極面）及び上方電極板 2 の周囲に周設されたモールド樹脂 4 の上面側の露出面（第 1 樹脂面）により形成されて

50

いる。そして、半導体モジュール 1 の製造時においては、上方電極板 2 の上側露出面とモールド樹脂 4 の上面側の露出面とが、略同一平面上にあるように形成されている。一方、半導体モジュール 1 の扁平形状の扁平面の下面側（下側扁平面、第 2 モジュール面）は、下方電極板 3 の下側露出面（第 2 電極面）及び下方電極板 3 の周囲に周設されたモールド樹脂 4 の下面側の露出面（第 2 樹脂面）により形成されている。そして、半導体モジュール 1 の製造時においては、下方電極板 3 の下側露出面とモールド樹脂 4 の下面側の露出面とが、略同一平面上にあるように形成されている。なお、上方電極板 2 の上側露出面とモールド樹脂 4 の上面側露出面、及び、下方電極板 3 の下側露出面とモールド樹脂 4 の下面側露出面を略同一平面上にあるように形成する方法として、モールド樹脂 4 の成形型により行ってもよいし、モールド樹脂 4 を成形後に切削加工を行ってもよい。

10

【0031】

モールド樹脂 4 は、半導体モジュール 1 の扁平な表面と平行な平面に関して、半導体素子と電極板との少なくとも両側に位置する。なお、本実施形態では、モールド樹脂 4 は、半導体素子 10、11 と電極板 2、3 との四方を囲むように、四方に位置している。すなわち、モールド樹脂 4 は、半導体素子 10、11 と電極板 2、3 との左右方向両側および奥行方向両側の両方に配置される。また、複数の端子としての制御用電極端子 12 および駆動側電極端子 20、30 は、半導体モジュール 1 の周囲に分散して配置されている。この本実施形態では、複数の端子は、左右方向両側または奥行方向両側に分散して配置されている。具体的には、上方駆動側電極端子 20 及び下方駆動側電極端子 30 が、半導体モジュール 1 の一方側に延在するように配設されている。そして、制御用電極端子 12 が、半導体モジュール 1 の他方側に延在するように配設されている。すなわち、上方駆動側電極端子 20 及び下方駆動側電極端子 30 が延在している方向と、制御用電極端子 12 が延在している方向とは、反対方向である。

20

【0032】

そして、一对の絶縁部材 5 は、半導体モジュール 1 の上側扁平面（第 1 モジュール面）及び下側扁平面（第 2 モジュール面）にそれぞれ対向して配設されている。すなわち、一对の絶縁部材 5 により半導体モジュール 1 が挟まれている。この絶縁部材 5 は、例えば、窒化アルミニウムや窒化ケイ素等からなる板やフィルムを用いる。

【0033】

なお、絶縁部材 5 を配設する前に、上側電極板 2 の上側露出面と下側電極板 3 の下側露出面に熱伝導グリス（熱伝導性材）を薄く塗布する。この熱伝導グリスにより、放熱効果をより良好にすることができる。この熱伝導グリスの材料には、例えば、導電性を有しない酸化亜鉛やアルミナ粒子を用いている。このように導電性を有しない材料を用いるのは、次の理由による。それは、導電性を有する熱伝導グリスを用いた場合には、熱伝導グリスが半導体モジュール 1 と絶縁部材 5 との間から外部へ漏出すると、上側電極板 2 及び下側電極板 3 の少なくとも何れか一方と、上方駆動側電極端子 2、下方駆動側電極端子 30 及び制御用電極端子 12 の少なくとも何れか一方とが、短絡するおそれがあるからである。そこで、短絡防止のために、熱伝導グリスには、導電性を有しない材料を用いている。

30

【0034】

一对の冷却管（冷却部材）6 は、半導体モジュール 1 の上側扁平面（第 1 モジュール面）及び下側扁平面（第 2 モジュール面）に絶縁部材 5 を介してそれぞれ対向して配設されている。すなわち、一对の冷却管 6 により半導体モジュール 1 及び絶縁部材 5 が挟まれている。そして、この冷却管 6 は、内部側に水等の冷却媒体が流通する冷却流路 60 が形成されており、熱伝導性の良いアルミニウム材等の金属材料からなる。

40

【0035】

ここで、図 2 は、詳細には、本実施形態の半導体装置の分解状態を示している。具体的には、半導体モジュール 1 と、一对の絶縁部材 5 と、一对の冷却管 6 とを分解した状態である。図 2 に示すように、半導体モジュール 1 の上下方向の両側面には、それぞれ絶縁部材 5 が配置される。絶縁部材 5 は、半導体モジュール 1 の表面に密着して配置される。なお、半導体モジュール 1 と絶縁部材 5 との間には、熱伝導グリスが塗布されている場合が

50

ある。さらに、上側の絶縁部材 5 の外側面（図 2 の上側面）に密着して、上側の冷却管 6 が配置される。下側の絶縁部材 5 の下側面（図 2 の下側面）に密着して、下側の冷却管 6 が配置される。これら一対の冷却管 6 は、それらの間に所定の隙間を形成するように、ねじ等の締結物によって予め固定されることができる。一対の冷却管 6 の間の隙間は、そこに、一対の絶縁部材 5 と、半導体モジュール 1 とを収容しうる高さ、及び広がりをもっている。一対の冷却管 6 の間の隙間は、冷却管 6 と、一対の絶縁部材 5 と、半導体モジュール 1 とが密着するように設定される。図 2 の上下方向に関して一対の冷却管 6 によって一対の絶縁部材 5 と半導体モジュール 1 とが挟まれ、一定の押圧力の下で保持される。図 2 の矢印 F は、一対の冷却管 6 による押圧力の方向を示している。

【0036】

次に、上述のように構成された半導体装置を作動させた場合について説明する。半導体装置を作動させた場合とは、第 1 半導体素子 10 及び第 2 半導体素子 11 が発熱した場合である。ここで、図 3 に、半導体モジュール 1 の作動発熱時の部分断面の説明図を示す。

【0037】

図 2 に示したように、半導体モジュール 1 の製造時においては、上方電極板 2 の上側露出面とモールド樹脂 4 の上面側露出面、及び、下方電極板 3 の下側露出面とモールド樹脂 4 の下面側露出面は、略同一平面上にあるように形成されている。そして、この場合において、第 1 半導体素子 10 及び第 2 半導体素子 11 が駆動して発熱すると、半導体素子 10, 11 の熱が上方電極板 2、下方電極板 3、及びモールド樹脂 4 に伝達される。ここで、上方電極板 2 及び下方電極板 3 の線膨張率に比べてモールド樹脂 4 の線膨張率は大きい。そのため、図 3 に示すように、モールド樹脂 4 は、上方電極板 2 及び下方電極板 3 に比べて、半導体モジュール 1 の厚さ方向（図 2 の上下方向）に大きく膨張する。また、半導体素子 10, 11 の熱は、上方電極板 2、下方電極板 3 又はモールド樹脂 4 等を介して、アルミニウム製の冷却管 6 にも伝達される。その結果、冷却管 6 も膨張する。

【0038】

このように、半導体モジュール 1 の作動発熱時に半導体モジュール 1 及び冷却管 6 の膨張により発生する押圧力は、半導体モジュール 1 の膨張したモールド樹脂 4 が受け持つ。その結果、上方電極板 2 及び下方電極板 3 には、ほとんど押圧力がかかるとはならない。つまり、上方電極板 2 及び下方電極板 3 に直接的に接続されている第 1 半導体素子 10 及び第 2 半導体素子 11 には、ほとんど押圧力がかからないことになる。従って、半導体素子 10, 11 の発熱により発生する押圧力の繰り返し応力による半導体素子 10, 11 の寿命低下を回避しつつ、半導体モジュール 1 の固定保持を確実に行うことができる。また、剛性アップや部品複雑化といった耐振性向上のためのコストアップは不要である。さらに、半導体モジュール 1 の扁平面の両面の平行度を高めれば、膨張時のモールド樹脂 4 の押圧面積を安定して確保できるので、さらに耐振性が向上する。

【0039】

ここで、比較のため、従来の半導体装置について説明する。従来の半導体装置を図 10 に示す。なお、本発明の実施形態と同一構成のものは、同一符号を付して説明を省略する。

【0040】

従来の半導体モジュール 1a は、第 1 半導体素子 10 と、第 2 半導体素子 11 と、上方電極板 2a と、下方電極板 3a と、上方駆動側電極端子 20 と、下方駆動側電極端子 30 と、制御用電極端子 12 と、ボンディングワイヤ 120 と、モールド樹脂 4a とによって形成されている。そして、半導体モジュール 1a は、全体形状が略扁平形状からなる。そして、上方電極板 2a の露出面とモールド樹脂 4a の上面側は、同一平面上になく、上方電極板 2a の露出面がモールド樹脂 4a の上面側より突出して形成されている。また、下方電極板 3a の露出面とモールド樹脂 4a の下面側は、同一平面上になく、下方電極板 3a の露出面がモールド樹脂 4a の下面側より突出して形成されている。

【0041】

このように構成された従来の半導体装置が作動した場合、すなわち半導体素子 10, 11

10

20

30

40

50

1が発熱した場合について説明する。この場合、半導体素子10, 11の発熱により半導体モジュール1aは膨張すると共に、アルミニウム製の冷却管6が膨張する。そして、これらの膨張により発生する押圧力は、上方電極板2a及び下方電極板3aに直接作用し、その結果、上方電極板2a及び下方電極板3aの間に配設されている半導体素子10, 11に押圧力が直接作用する。つまり、本発明のように、モールド樹脂4が押圧力を受け持つことがない。そして、半導体素子10, 11の温度上昇及び温度下降により発生する押圧力の繰り返し応力により半導体素子10, 11の寿命低下を招来することになっていた。

【0042】

(第2実施形態)

第2実施形態における半導体装置について図4及び図5を参照して説明する。図4は、第2実施形態における半導体装置の半導体モジュールの斜視図を示す。図5は、第2実施形態における半導体装置の断面図を示す。ここで、第2実施形態における半導体装置は、上述した第1実施形態における半導体装置と同一構成については同一符号を付して説明を省略する。

【0043】

図4及び図5に示すように、半導体装置は、半導体モジュール7と、絶縁部材5と、冷却管6とから構成される。半導体モジュール7は、第1半導体素子10と、第2半導体素子11と、上方電極板2と、下方電極板3と、上方駆動側電極端子20と、下方駆動側電極端子30と、制御用電極端子12と、ボンディングワイヤ120と、モールド樹脂8とから構成される。そして、半導体モジュール7は、全体形状が略扁平形状からなる。

【0044】

モールド樹脂8は、第1半導体素子10、第2半導体素子11、上方電極板2、下方電極板3、上方駆動側電極端子20、下方駆動側電極端子30、制御用電極端子12、及びボンディングワイヤ120を一体化すると共に、上方電極板2の上面(第1電極面)側及び下方電極板3の下面(第2電極面)側を露出させて形成している。このモールド樹脂8は、半導体素子10, 11と電極板2, 3との四方を囲むように、四方に位置している。すなわち、モールド樹脂8は、半導体素子10, 11と電極板2, 3との左右方向両側及び奥行方向両側の両方に配置される。

【0045】

そして、モールド樹脂8のうち上方電極板2の上側露出面(第1電極面)の周囲に周設された上面側の露出面(第1樹脂面)は、製造時において、上方電極板2の上側露出面と略同一平面上にあるように形成されている。一方、モールド樹脂8のうち下方電極板3の下側露出面(第2電極面)の周囲に周設された下面側の露出面(第2樹脂面)は、製造時において、下方電極板3の下側露出面と略同一平面上にあるように形成されている。なお、半導体モジュール7の扁平形状の扁平面の上面側(第1モジュール面)は、上方電極板2の上側露出面とモールド樹脂8の上面側露出面からなる。また、半導体モジュール7の扁平形状の扁平面の下面側(第2モジュール面)は、下方電極板3の下側露出面とモールド樹脂8の下面側露出面からなる。

【0046】

さらに、モールド樹脂8の上面側の露出面側には、上方電極板2の上側露出面の外周側全周に上面溝(第1溝)81が形成されている。具体的には、上面溝81は、モールド樹脂8の上面側の露出面側のうち、上方電極板2に近い側に形成されている。そして、上面溝81の溝深さは、半導体素子10, 11が駆動して発熱した際に、上方電極板2の上側露出面とモールド樹脂8の上面側露出面との段差よりも深く形成されている。そして、この上面溝の断面形状は、図4に示すように、略円弧形状に形成されている。また、モールド樹脂8の下面側の露出面側には、下方電極板3の下側露出面の外周側全周に下面溝(第2溝)82が形成されている。具体的には、下面溝82は、モールド樹脂8の下面側の露出面のうち、下方電極板3に近い側に形成されている。そして、下面溝82の溝深さは、半導体素子10, 11が駆動して発熱した際に、下方電極板3の下側露出面とモールド樹脂8の下面側露出面との段差よりも深く形成されている。

10

20

30

40

50

脂 8 の下面側露出面との段差よりも深く形成されている。そして、この下面溝の断面形状は、図 4 に示すように、略円弧形状に形成されている。

【 0 0 4 7 】

そして、絶縁部材 5 は、半導体モジュール 7 の上側扁平面（第 1 モジュール面）及び下側扁平面（第 2 モジュール面）にそれぞれ対向して配設されている。すなわち、一对の絶縁部材 5 により半導体モジュール 7 が挟まれている。この絶縁部材 5 を配設する前には、上側電極板 2 の上側露出面と下側電極板 3 の下側露出面に熱伝導グリス（熱伝導性材）を薄く塗布する。この熱伝導グリスの材料には、導電性を有する銀ペースト等を用いている。ここで、一般に、導電性を有する銀ペースト等からなる熱伝導グリスは、導電性を有しない熱伝導グリスに比べて熱伝導率が高いため、放熱効果が良好となる。

10

【 0 0 4 8 】

ここで、導電性を有する熱伝導グリスを用いた場合には、上述したように、上方電極板 2 及び下方電極板 3 の少なくとも何れか一方と、上方駆動側電極端子 2，下方駆動側電極端子 3 0 及び制御用電極端子 1 2 の少なくとも何れか一方とが、短絡するおそれがある。しかし、モールド樹脂 8 に上面溝 8 1 及び下面溝 8 2 が形成されたことにより、短絡を防止することができる。上方電極板 2 の上面露出面及び下方電極板 3 の下面露出面に熱伝導グリスを塗布した後に絶縁部材 5 及び冷却管 6 を配設した場合には、熱伝導グリスが上方電極板 2 の上面露出面若しくは下方電極板 3 の下面露出面の周囲へ漏出する。このように漏出した熱伝導グリスは、モールド樹脂 8 の上面側露出面に形成された上面溝 8 1 又は下面側露出面に形成された下面溝 8 2 に貯留する。従って、熱伝導グリスは、上面溝 8 1 及び下面溝 8 2 の外周側に漏出することはない。そうすると、導電性を有する熱伝導グリスを用いた場合であっても、電極板 2，3 と電極端子 2 0，3 0，1 2 とが短絡することがない。

20

【 0 0 4 9 】

さらに、上面溝 8 1 及び下面溝 8 2 を上方電極板 2 及び下方電極板 3 に近い側、すなわち、半導体モジュール 7 の上面側及び下面側の中央寄りに形成することにより、漏出した熱伝導グリスが貯留する位置と電極端子 2 0，3 0，1 2 との距離をある程度遠ざけることができる。従って、沿面絶縁距離を十分に確保することができるため、高電圧の印加によって半導体モジュールの表面にトラッキングと呼ばれる導体経路が徐々に形成されることを防止できる。

30

【 0 0 5 0 】

（第 3 実施形態）

第 3 実施形態における半導体装置について図 6 及び図 7 を参照して説明する。図 6 は、半導体モジュールを組み込んだインバータ回路の部分図である。図 7 は、半導体装置の側面図を示す。

【 0 0 5 1 】

第 3 実施形態における半導体装置は、図 6 に示すインバータ回路のうちの同一位相を形成する 2 個の半導体モジュール 1，1 0 0 を有している。そして、第 3 実施形態における半導体装置は、図 7 に示すように、上述の同一位相からなる半導体モジュール 1，1 0 0 と一对の冷却管 6 とから構成される。なお、半導体モジュール 1 は、第 1 実施形態に示したものと同一であり、半導体モジュール 1 0 0 は、半導体モジュール 1 と同一のものである。

40

【 0 0 5 2 】

さらに、図 7 に示すように、半導体モジュール 1，1 0 0 の扁平面の両面間の厚さ、すなわち、半導体モジュール 1，1 0 0 の図 7 における上下方向の厚さ $W1$ ， $W100$ はほぼ同一としている。この上下方向の厚さ $W1$ ， $W100$ は、2 つの冷却管 6 の図 7 における上下方向の間隔 H とほぼ同一に設定されている。これにより、2 個の半導体モジュール 1，1 0 0 の押圧面積を安定して確保して耐振性を向上するとともに、個別に冷却管 6 を設ける必要がないので製造工数も低減でき、コストを低減できる。さらに、2 個の半導体モジュール 1，1 0 0 を一体に樹脂成型すれば、組み付け時の位置決めをさらに容易にす

50

ることができる。なお、ひとつの位相を形成する半導体モジュールの数は、２個に限定するものではなく、制御する電力の大きさに応じて２個を越える複数個にしてもよい。この場合でも、同様の形態を採用できる。

【００５３】

（他の実施形態）

第１実施形態の半導体モジュール１及び第２実施形態の半導体モジュール７は、モールド樹脂４、８が上方電極板２及び下方電極板３の露出面の外周側を覆うように形成しているが、これに限られるものではない。例えば、図８に示すような半導体モジュール１がある。ここで、図８は、半導体モジュール１の斜視図を示す。図８に示すように、上方電極板２および下方電極板３は、半導体モジュール１の一方の幅方向、すなわち電極端子１２、２０、３０が延設されている方向に略直角方向（図８の右手前から左奥方向）に関してのみ、その全幅にわたって延びる長方形に形成されている。すなわち、上方電極板２および下方電極板３は、図８の右手前から左奥方向（図２の奥行方向）に関して半導体モジュール１の全幅に相当する幅を有し、図８の左手前から右奥方向（図２の左右方向）に関して半導体モジュール１の幅方向のほぼ中央の所定範囲のみを占める幅を有する。従って、モールド樹脂４は、各電極板２、３の図２の左右方向の両端側にのみ位置している。

10

【００５４】

つまり、半導体モジュール１の上面側から見た場合に、モールド樹脂４が２分割されているようになる。この場合も、上述した押圧力を受けるモールド樹脂４は、２面で安定化できることに加え、上方電極板２及び下方電極板３の露出面積を増やして半導体素子の放熱性を向上し、信頼性を向上できる。

20

【００５５】

また、図２には、１個の半導体モジュール１を一对の冷却管の間に挟持固定する構成を示したが、これに限られるものではない。例えば、第３実施形態のように多数の半導体モジュール１を用いてインバータ回路を形成する場合には、冷却管６と半導体モジュール１とが交互に積層する構成とすることができる。これにより、１つの冷却管６の両面で上下の半導体モジュールへの押圧力を受け持つことができるので、部品点数を低減して製造コストを低減できる。

【００５６】

なお、絶縁部材５は、半導体モジュール１の上方電極板２の露出面及び下方電極板３の露出面に数十ミクロン厚さをもって密着形して成した薄膜としてもよい。これにより、絶縁板にくらべ、充分薄いたため、伝熱をさらに向上して半導体素子の信頼性を向上するとともに、別体の絶縁板を挟み込む必要がないので、組み付け工程を容易化して製造コストを低減できる。

30

【００５７】

また、第２実施形態の半導体モジュール７のモールド樹脂８に形成された上面溝８１及び下面溝８２は、上方電極板２の上面側露出面及び下方電極板３の下面側露出面の外周側全周を囲んでいるが、これに限られるものではない。例えば、図９に示すように、上面溝８１は、上方電極板２の上面側露出面と駆動側電極端子２０、３０との間、及び、上方電極板２の上面側露出面と制御用電極端子１２との間にそれぞれ一本ずつ形成してもよい。下面溝８２は、図示しないが、上面溝８１と同様に、下方電極板３の下面側露出面と駆動側電極端子２０、３０との間、及び、下方電極板３の下面側露出面と制御用電極端子１２との間にそれぞれ一本ずつ形成してもよい。このようにしても、上記効果と同様の効果を十分に発揮することができる。

40

【００５８】

また、図示しないが、上面溝８１及び下面溝８２は、図８に示すような半導体モジュールに対しても形成することができる。この場合には、上面溝８１は、図９に示した上面溝８１とほぼ同様に、上方電極板２の上面側露出面と駆動側電極端子２０、３０との間、及び、上方電極板２の上面側露出面と制御用電極端子１２との間にそれぞれ一本ずつ形成してもよい。また、下面溝８２は、図９に示した下面溝８２とほぼ同様に、下方電極板３の

50

下面側露出面と駆動側電極端子 20, 30 との間、及び下方電極板 3 の下面側露出面と制御用電極端子 12 との間にそれぞれ一本ずつ形成してもよい。

【0059】

また、第 2 実施形態の上面溝 81 及び下面溝 82 は、断面形状が略円弧形状としたがこれに限られるものではない。例えば、上面溝 81 若しくは下面溝 82 の断面形状は、凹形状であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】本発明を適用した第 1 実施形態の半導体装置の半導体モジュールの斜視図である。

10

【図 2】第 1 実施形態の半導体装置の断面図である。

【図 3】第 1 実施形態の半導体モジュールの作動発熱時における部分断面図である。

【図 4】第 2 実施形態の半導体装置の半導体モジュールの斜視図である。

【図 5】第 2 実施形態の半導体装置の断面図である。

【図 6】第 1 実施形態の半導体モジュールを組み込んだインバータ回路を示す回路図である。

【図 7】本発明を適用した第 3 実施形態における半導体装置の側面図である。

【図 8】本発明を適用した他の実施形態における半導体モジュールの斜視図である。

【図 9】第 2 実施形態の他の実施形態における半導体モジュールの斜視図である。

【図 10】従来の半導体装置を示す断面図である。

20

【符号の説明】

【0061】

1, 7, 100 . . . 半導体モジュール

2 . . . 上方電極板 (第 1 電極板)

3 . . . 下方電極板 (第 2 電極板)

4, 8 . . . モールド樹脂

5 . . . 絶縁部材

6 . . . 冷却管 (冷却部材)

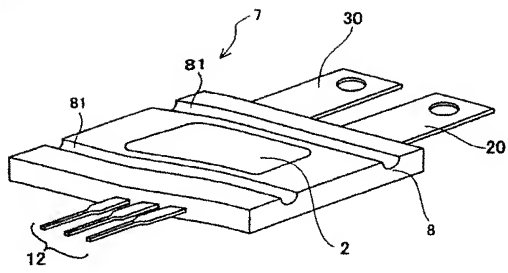
10, 11 . . . 半導体素子

12 . . . 制御用電極端子 (第 1 接続端子)

20, 30 . . . 駆動側電極端子 (第 2 接続端子)

30

【図 9】



【図 10】

